Energie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

CANMET
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
Canada Centre for Mineral and Energy Technology

Ontario

Ontario Mining Association

CONCEPTION D'UN NOUVEAU SYSTÈME DE SURVEILLANCE MACROSISMIQUE

SP86-14F

88-01171/

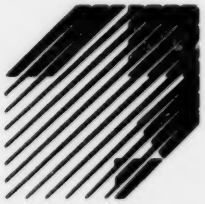
CONCEPTION D'UN NOUVEAU SYSTÈME DE SURVEILLANCE MACROSISMIQUE

A. MAKUCH

TECHNOLOGIE DES MINÉRAUX ET DE L'ÉNERGIE

LABORATOIRES DE RECHERCHE MINIÈRE

PRIX D'EXCELLENCE DU CANADA 1986



PALME D'ARGENT EN TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

29 pp

Publication spéciale du CANMET
SP86-14F

MICROMEDIA

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

En vente au Canada par l'entremise des

Librairies associées
et autres libraires

ou par la poste auprès du

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa (Canada) K1A 0S9

Nº de catalogue M38-15/86-14F
ISBN 0-660-92171-5

au Canada: $3.75
à l'étranger: $4.50

Prix sujet à changement sans préavis

AVANT-PROPOS

Le projet Canada-Ontario-Industries sur les coups de toit a été entrepris grâce à un "mémoire d'entente" qui a été signé en septembre 1985. Les buts de ce projet sont de développer une expertise canadienne accrue dans les domaines du contrôle, de l'analyse et de la prévention des coups de toit. Pour atteindre cet objectif, une équipe de spécialistes a été rassemblée au laboratoire d'Elliot Lake des Laboratoires de recherche minière.

Le présent rapport est un des premiers résultats provenant de ce nouveau projet. Dans le but de promouvoir un transfert de technologie, ce rapport ainsi que ceux qui suivront seront publiés dans un format qui encouragera la plus vaste distribution possible.

John E. Udd
Directeur
Laboratoires de recherche minérale

FOREWORD

The Canada - Ontario - Industry Rockburst Project was initiated through a "Memorandum of Understanding" which was signed in September, 1985. The goals of the project are to develop improved Canadian capabilities in rockburst monitoring, analysis, and prevention. To accomplish these, a team of specialists is being assembled at the Mining Research Laboratories facilities at Elliot Lake, Ontario, which will be available on a national basis to serve industry needs.

This report is one of the first outputs of the new project. In the interests of technology transfer, it, and subsequent reports, will be published in a format which will encourage the broadest possible distribution.

John E. Udd
Director
Mining Research Laboratories

CONCEPTION D'UN NOUVEAU SYSTÈME DE SURVEILLANCE MACROSISMIQUE

par

A. Makuch*

RÉSUMÉ

L'incidence récente des coups de toit dans la région minière de Sudbury, soit les "effondrements de piliers" et les "coups de faille", a mis en lumière le besoin d'analyses plus poussées dans le domaine des ondes sismiques provenant des coups de toit. Dans ce but, un système d'acquisition de données à haute réselution est requis, de façon à capter en temps réel l'ensemble des ondes sismiques provenant des sismographes. Ces ondes sismiques pourront ainsi être affichées directement sur l'écran de l'ordinateur pour analyse.

Dans le cadre du projet de recherche CANADA/ONTARIO/INDUSTRIE sur les coups de toit, il a été proposé de créer un "système de surveillance macrosismique" qui sera installé aux mines Strathcona de la Falconbridge et Creigton de l'INCO, toutes deux dans la région de Sudbury. Le premier de ces deux systèmes sera installé à la mine Strathcona.

Comme il se doit, une investigation a été faite avant le développement du système, pour apprécier l'état actuel des connaissances dans le domaine des systèmes de détection et d'enregistrement des ondes sismiques.

Le système sismique de la mine Strathcona utilisera cinq accéléromètres axiaux qui seront installés tant en surface que sous terre. Les signaux des sismographes seront transmis à un micro-ordinateur central où la conversion A/D et la détection des événements seront effectuées. Les fichiers des

---

Mots-clés: Coups de toit; sismicité; analyse des ondes sismiques.

*Ingénieur de contrôle au sol, Laboratoire d'Elliot Lake, CANMET, Énergie, Mines et Ressources, Canada, Elliot Lake, Ontario.

événements provenant de l'ensemble des 15 détecteurs seront emmagasinés sur disque sur un ordinateur IBM-PC/AT. Utilisant les communications par modems, les fichiers des événements sismiques seront téléchargés à un micro-ordinateur de type STRIDE aux Laboratoires de recherche minière de CANMET à Elliot Lake en Ontario. L'analyse des ondes sismiques, ce qui inclut la vitesse de pointe des particules, le premier mouvement, la distribution spectrale, la localisation du foyer et l'énergie sismique, sera faite au Laboratoire d'Elliot Lake. Enfin, les ondes sismiques peuvent être analysées sur place avec l'ordinateur IBM-PC/AT.

DESIGN OF A NEW MACROSEISMIC MONITORING SYSTEM

by

A. Makuch*

ABSTRACT

The recent incidence of rockburst activity in Sudbury area mines, both "Pillar Bursts" and "Fault Slip" has indicated the need for more intense analysis of the seismic waveforms from rockbursts. To facilitate this, a high speed data acquisition system capable of capturing complete seismic waveforms from the geophone signals in real time is required. The seismic waveforms could then be displayed on the computer screen for analysis.

A part of the CANADA/ONTARIO/INDUSTRY rockburst research project, it was proposed to design a "macroseismic monitoring system" for installation at both Falconbridge's Strathcona Mine and INCO's Creigton Mine in Sudbury. The first of these systems is to be installed at Strathcona Mine.

A comprehensive investigation of the existing state of the art in seismic detection/waveform recording systems was done prior to development of the system.

The Strathcona Mine seismic system will use five triaxial accelerometers, installed both on surface and underground. Geophone signals will be transmitted to a central microcomputer system where A/D conversion and event detection will be done. The digitized event files from all 15 sensors will be stored on disk on an IBM-PC/AT computer. Using modem communications, the seismic event files will be uploaded to a STRIDE minicomputer at the CANMET Mining Research Laboratory in Elliot Lake, Ontario. Analysis of the seismic waveforms, including peak particle velocity, first motion, spectral distribution, source location and seismic energy will be done at the Elliot Lake Laboratory. Also, the seismic waveforms can be analyzed on the on-site IBM-PC/AT computer.

Keywords: Rockbursts; Seismicity; Waveform analysis.

*Ground Control Engineer, Elliot Lake Laboratory, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Elliot Lake, Ontario.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS	i
FOREWORD	ii
RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT	v
INTRODUCTION	1
MISE AU POINT DU SYSTÈME	2
Caractéristiques de conception	4
SYSTÈME SISMIQUE DESTINÉ À LA MINE STRATHCONA	6
Caractéristiques générales	6
ÉLÉMENTS DU SYSTÈME	13
Capteurs géophoniques	13
Câble de signalisation	13
Système micro-informatisé d'acquisition des données	15
Laboratoire d'Elliot Lake: Système d'analyse	15
BIBLIOGRAPHIE	19

TABLEAU

N°		
1.	Sommaire des coups de toit à la mine Strathcona, entre janvier 1985 et août 1986	3

FIGURES

1.	Plan de la mine Strathcona montrant les emplacements des géophones	7
2.	Plan du niveau 2375 montrant l'emplacement du géophone SS-4	8
3.	Plan du niveau 2750 montrant l'emplacement du géophone SS-5	9
4.	Installation des capteurs souterrains	11
5.	Installation des capteurs en surface	12
6.	Affectation des paires du câble	12
7.	Réponse en fréquence, accéléromètre - S100 (Teledyne - Geotech)	14

TABLE DES MATIÈRES (suite)

N°		Page
8.	Schéma fonctionnel du système micro-informatisé d'acquisition des données	16
9.	Schéma fonctionnel du processeur asservi	17

INTRODUCTION

Le système de détection des bruits de roches et de surveillance des coups de toit le plus perfectionné employé actuellement dans les mines de l'Ontario est l'appareil de surveillance microsismique Électro-Lab MP-250. Fondé sur la reconnaissance des ondes sismiques P incidentes successivement sur des géophones constituant un réseau souterrain, le MP-250 a été conçu pour la détection en temps réel et la localisation des foyers d'activité sismique provoquée par des ruptures de roches. La capacité du système MP-250 à déterminer l'origine de ces événements sismiques a permis d'améliorer la compréhension des causes des coups de toit dans les mines souterraines et aidé à établir des mesures de protection dans les plans d'exploitation pour contrôler leur manifestation.

On a pu déterminer trois types distincts de coups de toit dans les mines souterraines, d'après la nature des mécanismes d'effondrement. Les effondrements de piliers ou rupture violente de piliers de roche souterrains, sont les plus fréquents dans les mines et sont, dans un sens, la définition originale des coups de toit. Les coups de toit de type "coups de libération d'énergie" sont les conséquences d'un effondrement local de roches immédiatement adjacentes aux ouvertures souterraines et ont généralement une plus faible importance énergétique que les effondrements de piliers. Le troisième type, les "coups de faille", se produit généralement à la suite d'un glissement le long de discontinuités géologiques et de failles préexistantes.

Les "effondrements de piliers" et les "coups de libération d'énergie" sont les conséquences de fortes concentrations de contraintes dans les roches. L'activité sismique qui leur est associée peut généralement être reconnue grâce au système de localisation des foyers MP-250. Les résultats de cette connaissance, combinés aux résultats de modèles d'analyse des contraintes et à des observations souterraines de la détérioration des roches, permettent d'obtenir une meilleure image des causes de ces coups de toit. Les "coups de faille" ne sont pas nécessairement associés à une concentration de contrainte dans les roches; ils pourraient être la conséquence de l'élimination des forces de confinement ou de serrage le long d'un plan géologiquement faible. Si c'est le cas, les tendances de l'activité microsismique et de la détérioration

des roches peuvent ne pas être associables à ces types de rupture. Afin de pouvoir étudier complètement la manifestation de ces types de coups de toit, il faut tirer des ondes sismiques d'autres renseignements que uniquement l'emplacement des foyers.

Dans le cadre de l'accord signé entre le Canada, l'Ontario et l'industrie ayant trait à la recherche sur les coups de toit dans les mines de l'Ontario, il a été proposé de concevoir un "système de surveillance macrosismique" capable de capter l'onde sismique complète produite par les coups de toit. Les renseignements qu'il est possible d'extraire des ondes sismiques, comme le premier mouvement de l'effondrement, la vitesse de pointe des particules, l'analyse des fréquences, la magnitude de l'événement et l'emplacement du foyer, seraient utiles pour l'étude de tous les coups de toit, particulièrement des "coups de faille".

Il a été reconnu que les récentes manifestations des coups de toit dans les mines de la région de Sudbury sont associées à des ruptures provoquées par des glissements de faille (5). Les stations du Réseau sismique de l'Est du Canada ont enregistré 20 coups de toit, provenant de la mine Strathcona de la Falconbridge, entre février 1985 et août 1986 (voir tableau 1). Les magnitudes de ces coups de toit varient entre 1,5 et 3,1. Les renseignements obtenus à partir du système de surveillance microsismique MP-250 dans la mine et les observations souterraines ont indiqué que la majeure partie de ces coups de toit peut être associée à des "coups de faille" qui se sont produits le long d'un plan de dyke et des structures avoisinantes. La localisation des foyers de la majeure partie de ces coups de toit montre que ces derniers sont associés à un dyke de diabase qui traverse l'extrémité occidentale du corps minéralisé au niveau 2375.

À cause de cette relation, il a été décidé d'installer le premier système de surveillance macrosismique à la mine Strathcona.

MISE AU POINT DU SYSTÈME

Avant de mettre en oeuvre le système de surveillance macrosismique, les chercheurs se sont familiarisés avec les matériels de pointe de détection des ondes sismiques et d'enregistrement d'ondes. Pour ce faire,

Tableau 1 - Sommaire des coups de toit à la mine Strathcona, entre janvier 1985 et août 1986

N°	Date	Heure	Magnitude
1	6/02/85	13 h 33	2,7
2	17/02/85	11 h 56	1,7
3	23/02/85	0 h 7	2,4
4	10/04/85	17 h 24	2,5
7	2/05/85	4 h 16	1,9
8	6/05/85	10 h 2	2,2
12	9/11/85	5 h 41	2,2
13	17/11/85	9 h 57	2,7
14	19/11/85	11 h 45	2,2
15	18/12/85	5 h 46	2,3
16	21/12/85	15 h 32	3,1
17	24/12/85	18 h 40	1,8
18	24/12/85	20 h 2	1,5
19	26/12/85	1 h 25	2,1
20	6/01/86	10 h 56	1,8
21	7/01/86	22 h 28	2,3
22	16/01/86	4 h 15	1,9
23	23/01/86	4 h 15	1,9
24	31/01/86	9 h 29	1,4
25	3/02/86	14 h 16	2,2
26	13/05/86	21 h 5	2,6
27	13/05/86	21 h 42	1,9
28	14/05/86	3 h 58	2,9
30	17/07/86	0 h 24	2,3
31	26/07/86	16 h 19	2,7
32	29/07/86	23 h 48	2,1
33	2/08/86	16 h 32	3,1

ils ont rencontré des représentants des sociétés et organismes suivants et ont eu avec eux des entretiens de nature technique:

- EMR, Division de la géophysique, Ottawa;
- Recherches Noranda, Pointe-Claire (Québec);
- Instantel Inc., Kanata (Ontario);
- Mines Falconbridge, Groupe de la mécanique des roches, Sudbury (Ontario);
- Mines INCO, Recherche minière, Sudbury (Ontario);
- M. Don Gendzwill, Université de la Saskatchewan;
- Allan Crawford Associates, Toronto (Ontario);
- Transduction Ltd., Data Translation, Toronto (Ontario);
- Electro-Lab, Spokane (Washington);
- Wilson Blake, conseil en génie minier, Hayden Lake (Idaho);
- Lucky Friday, mines Galena et Sunshine, (Idaho);
- United States Bureau of Mines, Denver (Colorado);
- Sandia National Laboratories, Albuquerque (Nouveau-Mexique);
- Teledyne Geotech, Dallas (Texas).

Grâce à ces recherches et entretiens, il a été possible de réaliser la conception préliminaire d'un prototype de "système de surveillance macrosismique" permettant de capter des ondes sismiques complètes.

CARACTÉRISTIQUES DE CONCEPTION

1. Le réseau est constitué de cinq géophones triaxiaux installés autour de la mine à des sites choisis distants d'environ 1 km de la zone où les coups de toit sont fréquents. Cette distance a été choisie car elle permet de réduire au minimum la saturation des géophones par des événements sismiques importants. Il y a également lieu de choisir les sites des stations de géophone pour permettre l'implantation d'un dispositif donnant une couverture optimale pour l'étude des premiers mouvements.
2. Les signaux analogiques provenant des géophones seront transmis à un micro-ordinateur qui effectuera la conversion analogique-numérique (A/N) et détectera les événements sismiques. Dès que sera détectée une onde

sismique en provenance d'une station de géophone, l'onde sismique complète provenant de chaque géophone sera enregistrée dans un tampon de données de prédéclenchement qui sera ensuite stocké sur un disque. Une horloge temps réel servira à synchroniser les signaux des géophones et à enregistrer l'heure de l'événement.

3. Les spectres de fréquence des signaux sismiques, mesurés à 1 km des coups de toit, devraient se situer entre 0,1 et 100 Hz, avec une prédominance au-dessous de 40 Hz. En outre, les fréquences de coude attendues, obtenues à partir des analyses des ondes sismiques devraient se situer entre 0,8 et 10 Hz (3).

   La gamme dynamique des capteurs devrait être suffisante pour permettre de mesurer des coups de toit d'une magnitude allant de 0 à 3,5, avec une perte minimale de résolution.

   Compte tenu de ce qui précède, l'échantillonnage numérique doit se faire à la fréquence de 1000 Hz avec une précision A/N (gamme dynamique de 72 dB) de 12 bits. On a choisi comme capteurs des accéléromètres pour mouvements de grande amplitude à réponse uniforme entre 0,5 et 1000 Hz.

4. L'interprétation et l'analyse de données des ondes sismiques seront effectuées sur un ordinateur à distance installé dans les laboratoires du CANMET à Elliot Lake. Les liaisons entre cet ordinateur et le micro-ordinateur se feront par modem. Le micro-ordinateur devra donc être muni d'une interface qui le rende compatible avec le système d'exploitation du STRIDE UNIX System V ou du PDP11/RSX11M.

   L'analyse des ondes sismiques comprendra:

   - l'affichage des ondes sismiques sur un écran d'ordinateur et leur impression;
   - la localisation des coups de toit à l'aide des temps d'arrivée des ondes P et S;
   - l'analyse des premiers mouvements pour l'interprétation du mécanisme de rupture;
   - la mesure de vitesse de pointe des particules à chaque géophone;
   - la mesure de l'énergie sismique libérée et de la magnitude de l'événement;
   - l'analyse spectrale, la détermination de la fréquence de coude, etc.

SYSTÈME SISMIQUE DESTINÉ À LA MINE STRATHCONA

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

La mine Strathcona de la Falconbridge est située sur la bordure nord-ouest du bassin de Sudbury. L'exploitation souterraine du corps minéralisé en sulfure de nickel s'effectue par tranches montantes remblayées avec piliers et piles mécaniques; de l'abattage à l'explosif est parfois fait dans les sous-niveaux, les fronts d'abattage alternant avec des piliers.

Le système de surveillance macrosismique qui doit être installé à la mine Strathcona comprendra cinq stations de géophones triaxiaux, trois en surface et deux souterraines (figures 1, 2 et 3). Le micro-ordinateur central sera installé dans le bureau technique de Contrôle du sol de la mine Strathcona. Le choix des sites des stations de géophone a été effectué en consultation avec la Falconbridge. Les géophones sont conçus de façon à surveiller les ruptures associées au dyke de diabase, comme il a déjà été mentionné. Voici les emplacements des géophones:

SS1 - Installation en surface sur le site de la mine, adjacente au magasin d'explosifs, sur le mur du dyke. Installé à la profondeur de six mètres dans un trou vertical de 100 mm de diamètre.

SS2 - Installation en surface sur le site de la mine Fraser, à proximité de la conduite de résidus sur le mur du dyke. Installé à la profondeur de 6 mètres dans un trou vertical de 100 mm de diamètre.

SS3 - Installation en surface sur le site de la mine Strathcona adjacente au château d'eau sur le toit du dyke. Installé à la profondeur de 6 mètres dans un trou vertical de 100 mm de diamètre.

SS4 - Installation souterraine dans la mine Strathcona, au niveau 2375 (figure 2) sur le toit du dyke. Installé à la profondeur de 2 mètres dans un trou horizontal de 100 mm de diamètre.

SS5 - Installation souterraine dans la mine Strathcona, au niveau 2750 (figure 3), sur le mur du dyke. Installé à la profondeur de 2 mètres dans un trou horizontal de 100 mm de diamètre.

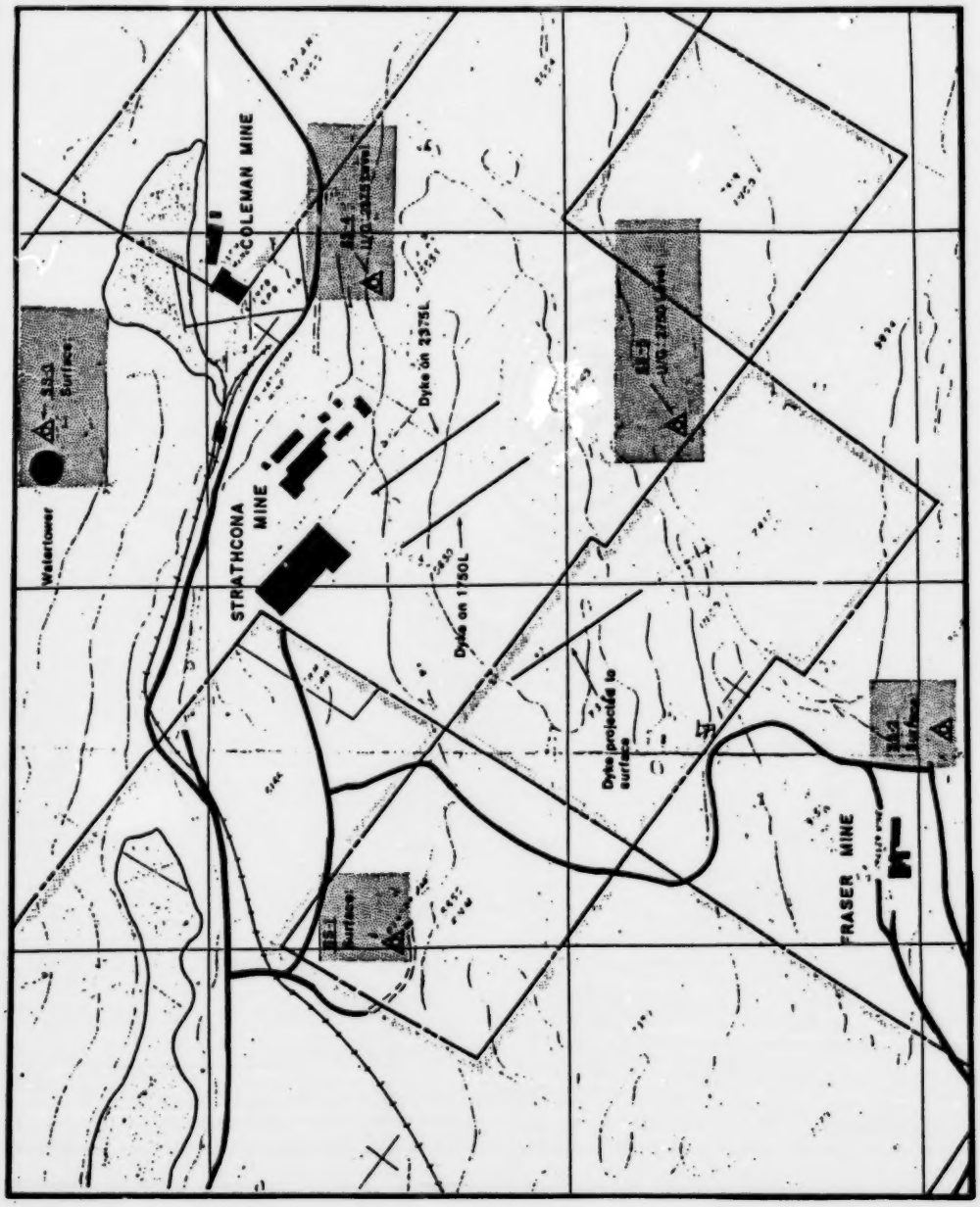


Figure 1 - Plan de la mine Strathcona montrant les emplacements des géophones.

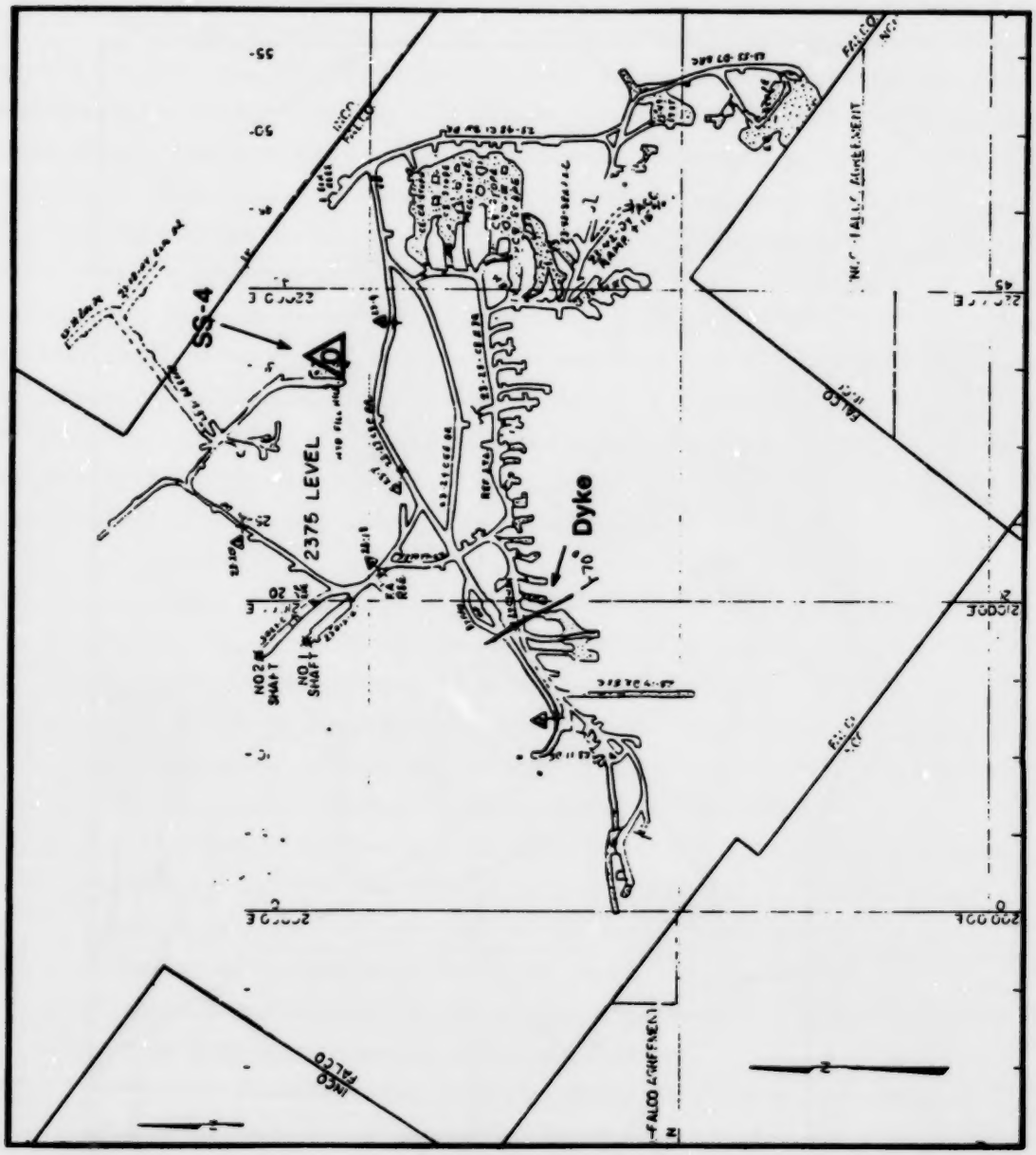


Figure 2 - Plan du niveau 2375 montrant l'emplacement du géophone SS-4.

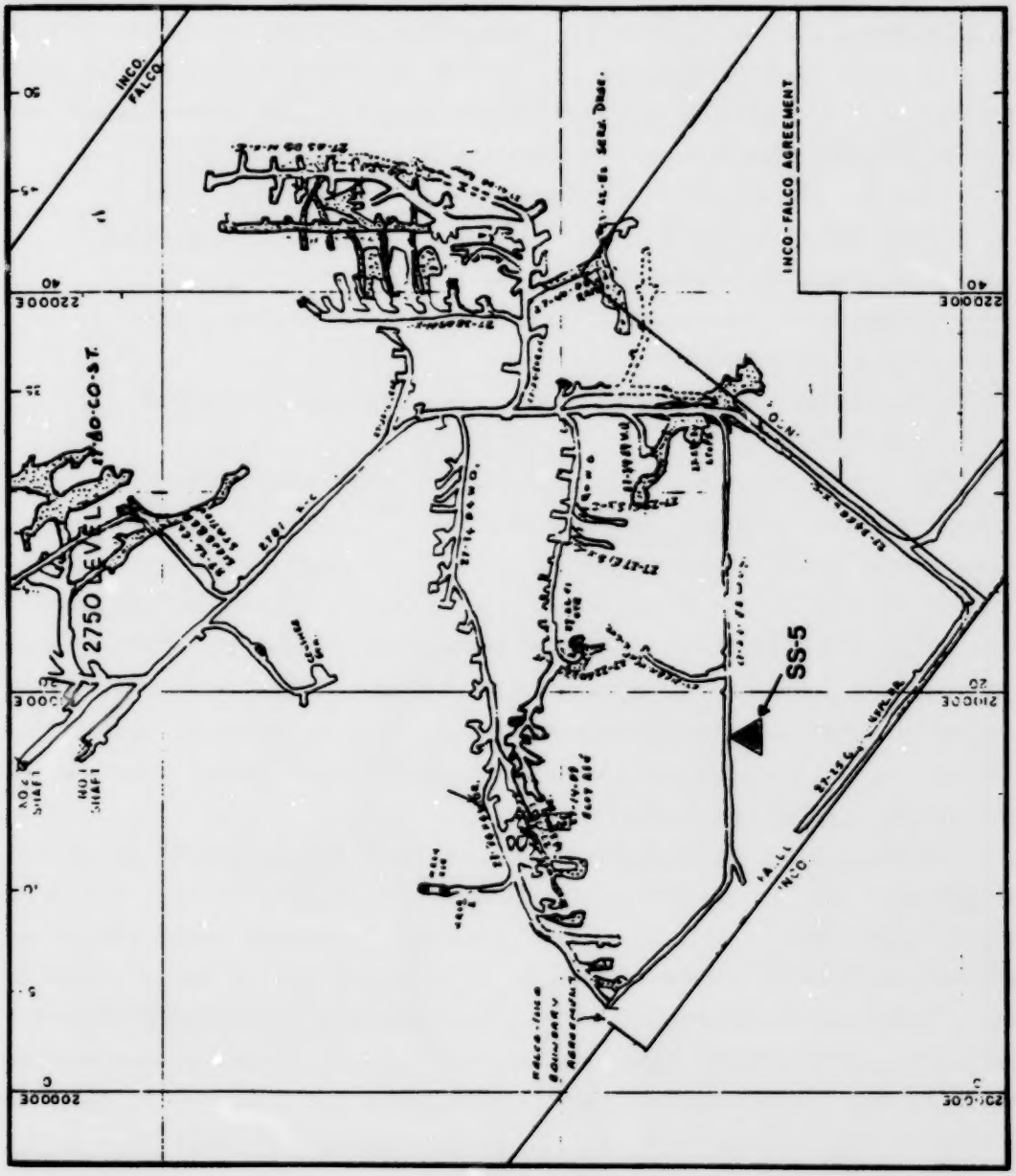


Figure 3 - Plan du niveau 2750 montrant l'emplacement du géophone SS-5.

La figure 4 montre la méthode d'installation qui servira à la mise en place des géophones souterrains et la figure 5, celle des géophones de surface.

Les signaux des géophones seront transmis sous forme analogique de chaque station sismique vers des unités distinctes de traitement de signaux, aussi appelées processeurs asservis, installées dans le bureau technique. Chaque processeur asservi traitera les signaux sismiques provenant d'un géophone triaxial; il faudra donc 5 processeurs asservis. Le prétraitement des signaux de géophone effectué par ces processeurs comprendra:

- la conversion A/N à la fréquence de 4 kHz par canal, avec une précision de 12 bits;
- la détection du déclenchement de l'événement;
- l'heure de l'événement, déterminée par une horloge centrale temps réel;
- la mise en mémoire tampon des données précédant l'événement.

Un multiplexeur série sera utilisé pour interfacer chacun des processeurs asservis à un micro-ordinateur IBM/AT dans lequel se feront le traitement des événements et le stockage des données. Le micro-ordinateur IBM/AT et le micro-ordinateur STRIDE du laboratoire d'Elliot Lake auront en mémoire un logiciel de transmission utilisant un protocole X-modem. Le téléchargement des fichiers des données des événements de l'unité IBM/AT à l'unité STRIDE sera effectué au moyen de modems asynchrones au taux de 2400 b/s. Les utilisateurs du laboratoire d'Elliot Lake appelleront l'unité IBM/AT à des heures fixes pour télécharger les fichiers.

Chaque station de géophone de la mine devra être alimentée en courant de 12 volts CC, pour le circuit d'amplificateur de charge qui fait partie du dispositif placé dans le trou de sonde. Afin que le système reste simple, on installera une centrale d'alimentation de 12 volts CC dans le bureau, avec le système d'acquisition des données et le micro-ordinateur IBM/AT. La figure 6 montre l'affectation des 6 paires (12 conducteurs) du câble utilisé pour la transmission des données et de l'électricité entre les stations de géophone et le site de l'ordinateur central. Il faudra prévoir une protection contre

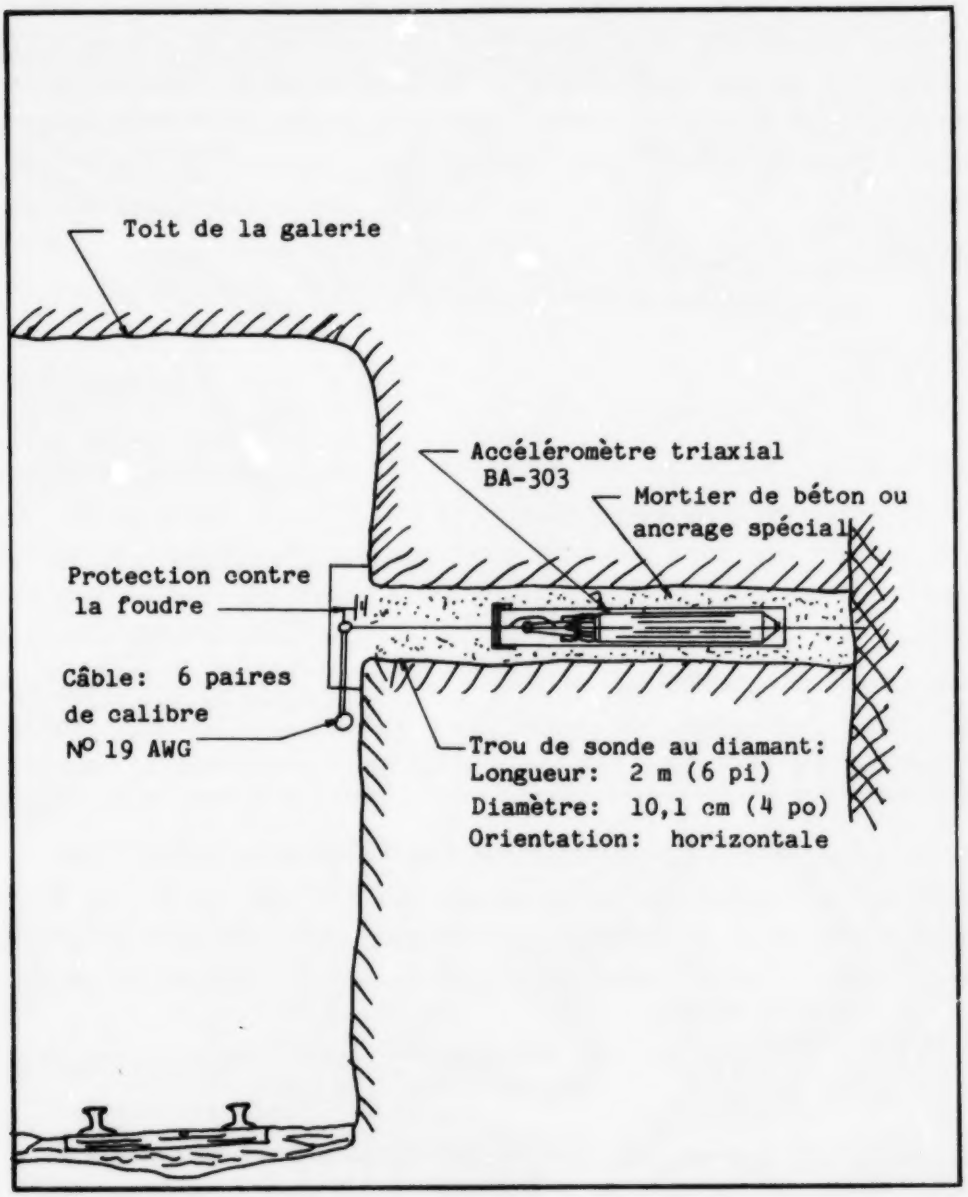


Figure 4 - Installation des capteurs souterrains.

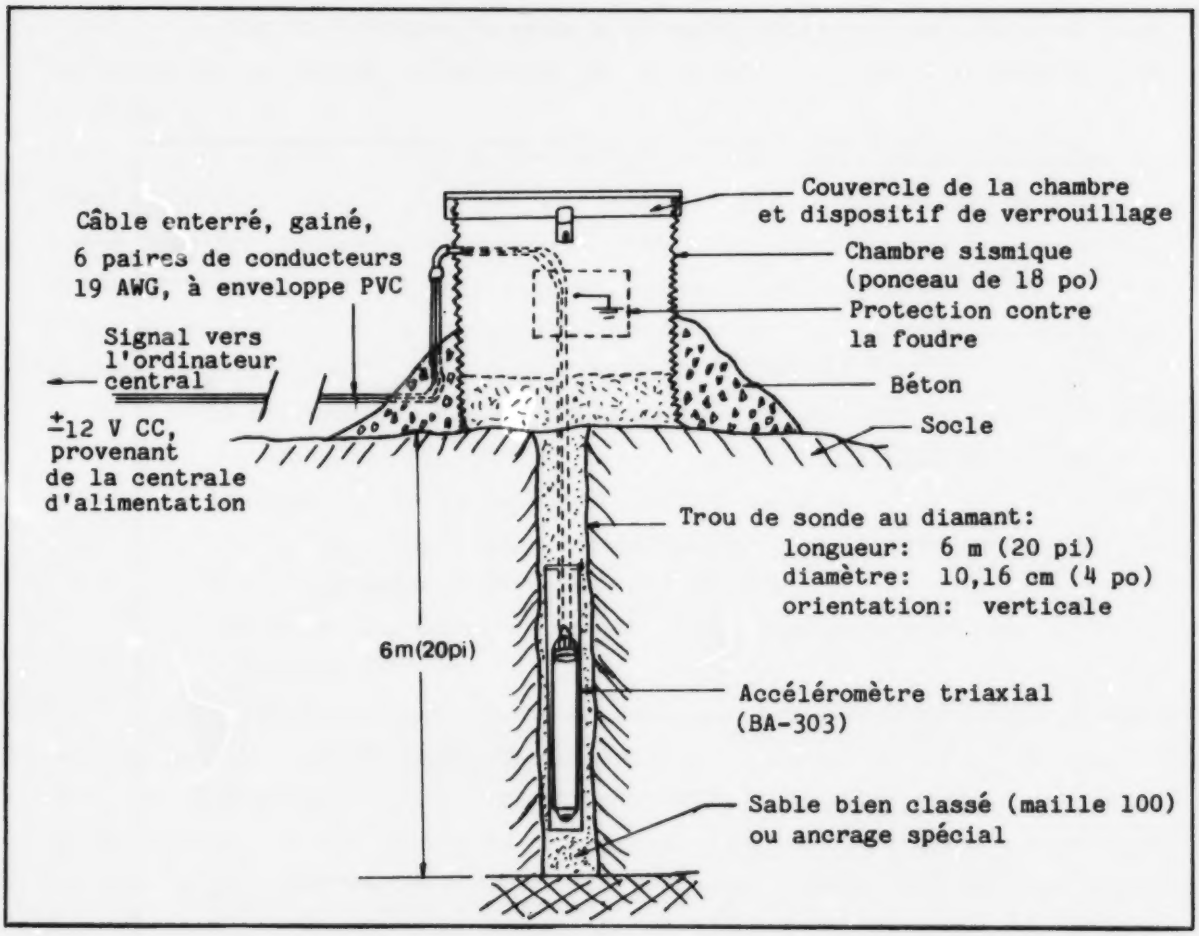


Figure 5 - Installation des capteurs en surface.

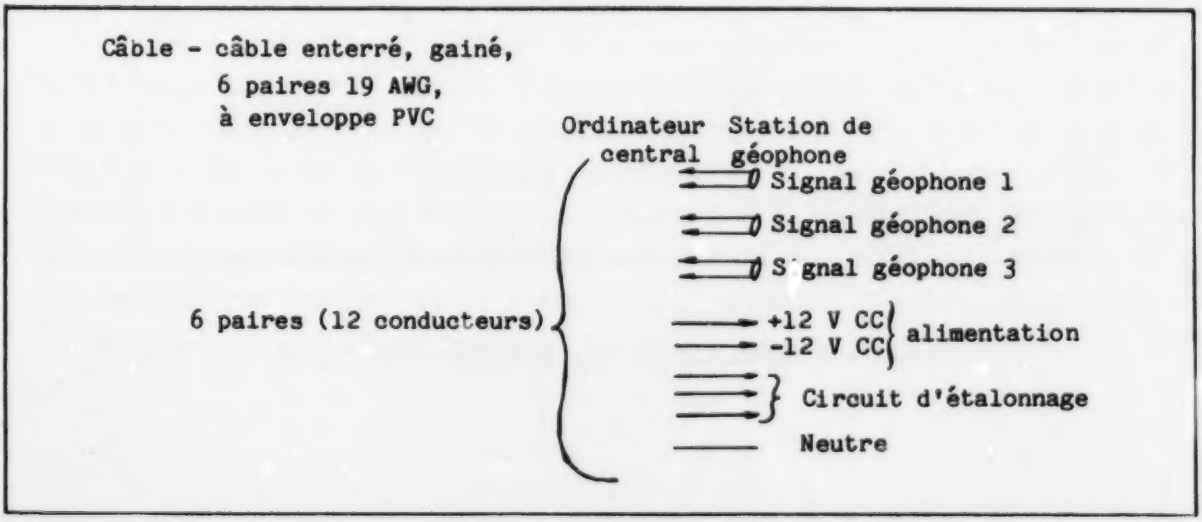


Figure 6 - Affectation des paires du câble.

les tensions transitoires et contre la foudre pour chaque paire de fils, aux deux extrémités de la ligne, c'est-à-dire à l'entrée du trou de sonde et aux entrées des processeurs asservis du micro-ordinateur. Le schéma d'attribution des paires montre qu'il faudra que le dispositif de protection compte sept entrées pour chaque extrémité des fils, ce qui donne un total de 70 canaux protégés. De plus, on installera un conditionneur d'alimentation sans coupure et un suppresseur de surtension du côté de l'alimentation du micro-ordinateur et du système d'acquisition des données.

ÉLÉMENTS DU SYSTÈME

CAPTEURS GÉOPHONIQUES

On utilisera des accéléromètres S-100 triaxiaux, modèle BA-303, fabriqués par Teledyne Geotech; ils seront installés dans des trous de sonde. Le S-100 est un accéléromètre à équilibre de force avec une réponse en fréquence située entre 0,01 et 2000 Hz. La sensibilité à la sortie de l'ensemble accéléromètre/amplificateur est de 20 volts/g; sa précision au maximum de l'échelle est de $\pm$0,5 g. La figure 7 montre la réponse en fréquence de l'accéléromètre S-100. Un circuit d'étalonnage est indiqué au modèle BA-303 pour permettre la vérification de la réponse de l'accéléromètre par le micro-ordinateur.

Chaque ensemble géophone/accéléromètre est doté de 8 mètres de câble. À l'entrée de chaque trou, le système de protection contre les surtensions transitoires sera installé au point de raccordement avec le câble principal de signalisation relié au micro-ordinateur central.

CÂBLE DE SIGNALISATION

Un cable enterré à gaine de cuivre ondulée comptant six paires torsadées 18 AWG reliera le processeur central à chacune des trois stations de géophone de surface. Pour les deux stations souterraines, on utilisera le câble de puits existant. Un câble de six paires devra être posé entre les

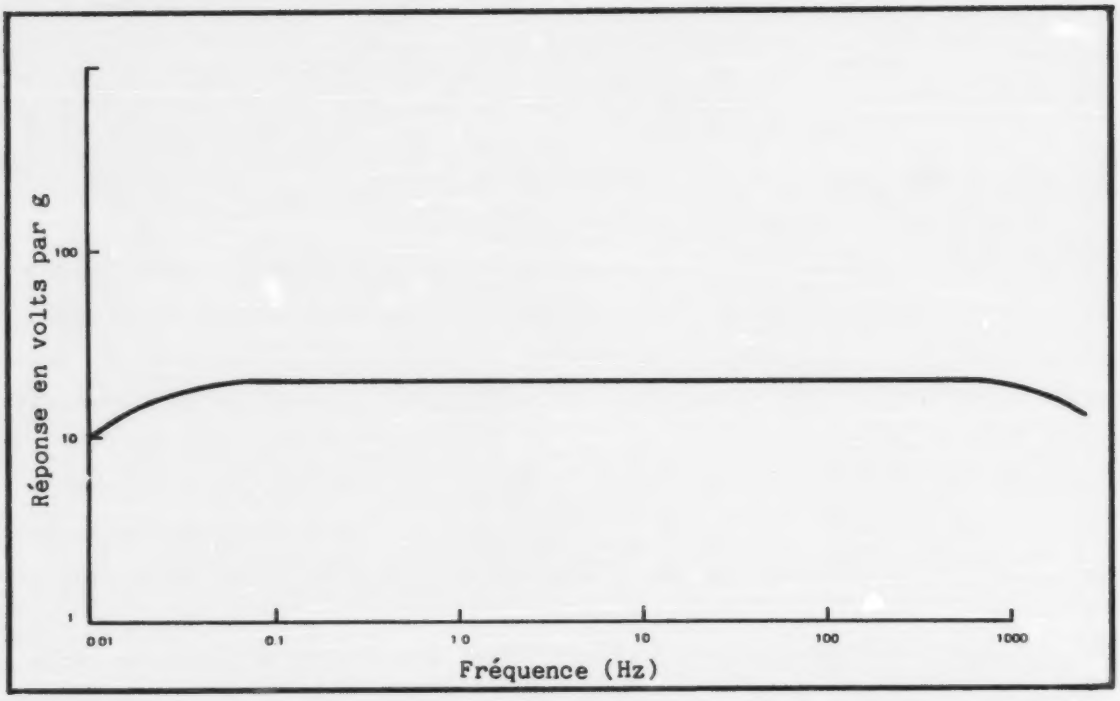


Figure 7 - Réponse en fréquence, accéléromètre - S100 (Teledyne - Geotech).

stations de puits et les géophones souterrains (niveaux 2375 et 2750). On aura besoin par conséquent de 12 des 75 paires du câble de puits pour le système.

SYSTÈME MICRO-INFORMATISÉ D'ACQUISITION DES DONNÉES

La figure 8 montre les éléments de cette portion du système qui sera fournie par Instantel Inc. de Kanata (Ontario). Voici la liste de ces éléments:

- Cinq unités de traitement de signaux sismiques (processeurs asservis) DS200, avec processeur central 80186 8 MHz, mémoire vive de 512 K, conversion A/N 12 bits, échantillonnage de 4 kHz par canal, 3 entrées de canal et un logique de déclenchement d'événements sismiques (figure 9).
- Un multiplexeur série à huit canaux et un logiciel d'interface du DS200 avec le micro-ordinateur IBM-PC/AT;
- Un micro-ordinateur IBM-PC/AT avec un logiciel pour le système sismique DS500 et un logiciel de transmission. Voici les caractéristiques de l'IBM-PC/AT: mémoire vive de 512 K, processeur double vitesse, unité de disque dur de 20 Mo, unité de disquette de 1,2 Mo, horloge en temps réel, adaptateur série/parallèle, carte graphique de haute résolution, écran et clavier.
- Une imprimante.
- Un supermodem intelligent Gandalf, 2400 bauds, compatible Hayes.

Le micro-ordinateur central sera en outre doté d'une centrale 12 V CC qui alimentera les accéléromètres, d'une alimentation sans coupure, d'un conditionneur de signaux et d'un suppresseur de surtensions transitoires.

LABORATOIRE D'ELLIOT LAKE: SYSTÈME D'ANALYSE

Au laboratoire d'Elliot Lake, on équipera le micro-ordinateur STRIDE d'un second modem GANDALF 24S. Le logiciel de transmission pour le télédéchargement des fichiers à partir de l'ordinateur IBM-PC/AT fera partie de l'ensemble fourni par Instantel Inc.

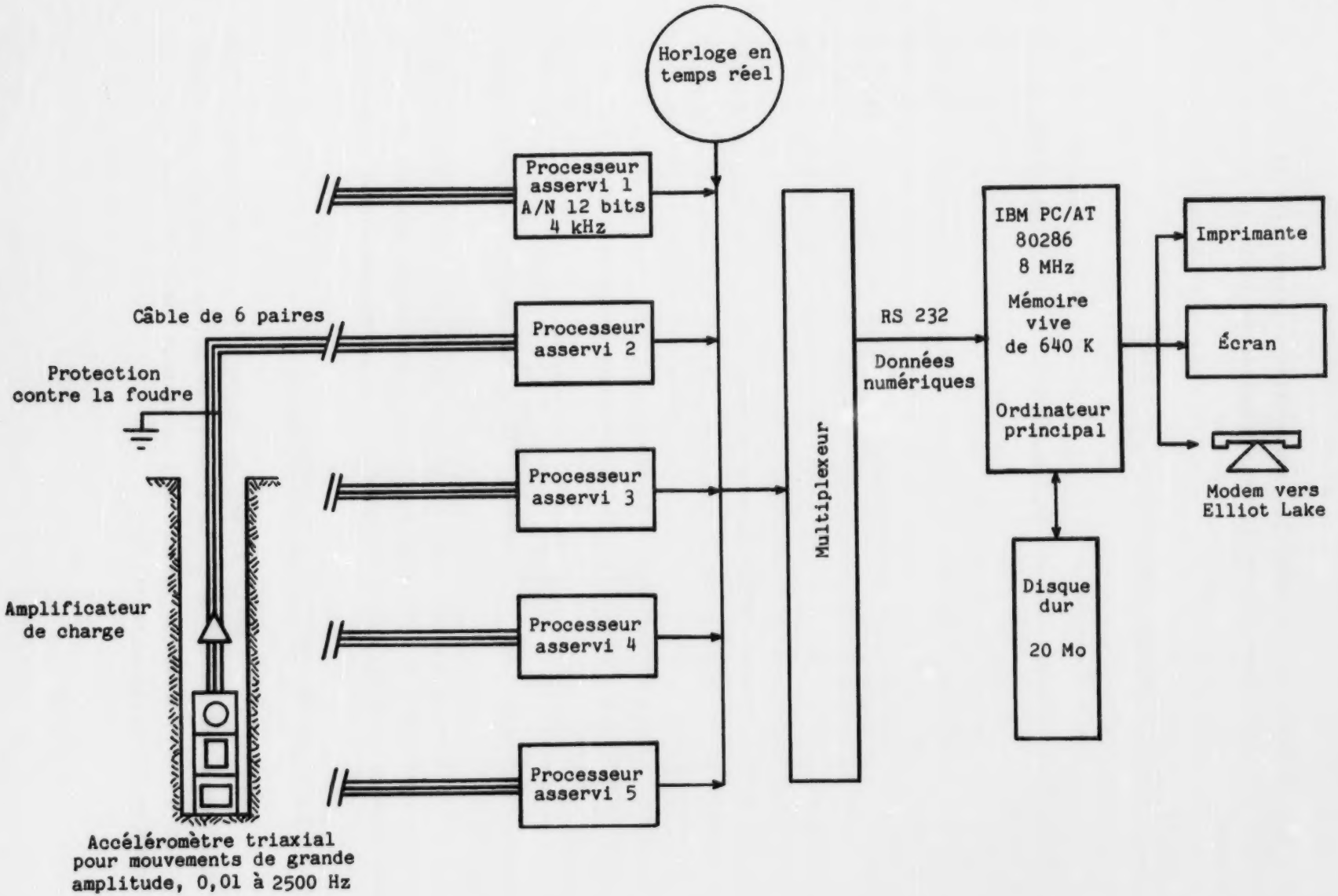


Figure 8 - Schéma fonctionnel du système micro-informatisé d'acquisition des données.

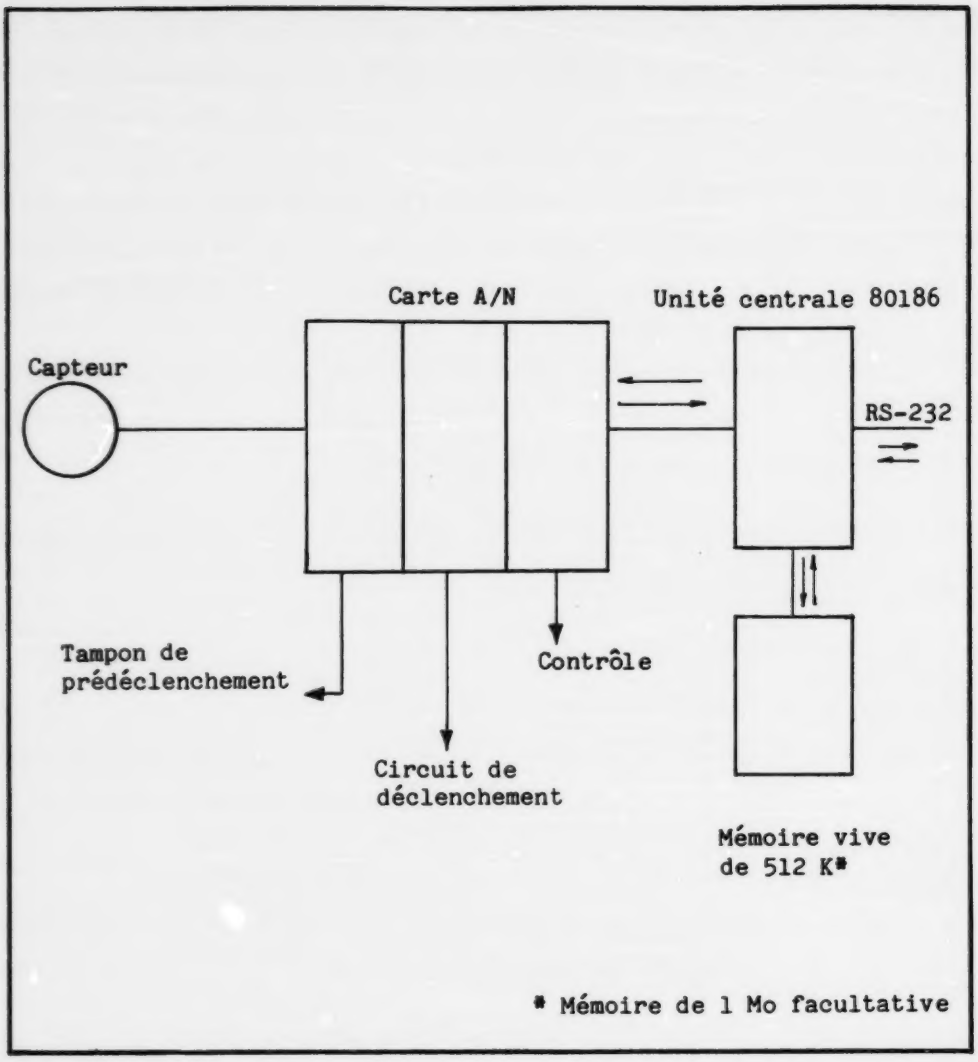


Figure 9 - Schéma fonctionnel du processeur asservi.

Le logiciel d'affichage et d'analyse des ondes sismiques sera initialement chargé dans le micro-ordinateur PDP11/23 du laboratoire. Il comprendra le logiciel ILS-DACS d'analyse de signaux. Plus tard, il sera possible de transférer le logiciel du code source au micro-ordinateur STRIDE. Comme tout le code source est en FORTRAN-77, cette opération devrait se faire sans difficulté. En outre, le programme de graphique du logiciel ILS est écrit pour émulation sur Tektronix 4014. Comme la plupart des écrans d'ordinateur au laboratoire sont compatibles Tektronix, ce logiciel devrait être compatible sans qu'il soit nécessaire de modifier beaucoup l'équipement frontal.

Il est possible que les fichiers d'ondes sismiques numérisées reçus des DS-200 doivent être convertis pour être compatibles avec le logiciel ILS. Cela non plus ne devrait pas être trop difficile.

BIBLIOGRAPHIE

1. Blake, W., "Design considerations for seismic monitoring systems"; Proc. of 1st Int. Congr. on Rockbursts and Seismicity in Mines, Johannesburg 1982. SAIMM Johannesburg 1984.

2. Gibowicz, S.J., "The mechanism of large mining tremors in Poland"; Proc. of 1st Int. Congr. on Rockbursts and Seismicity in Mines, Johannesburg 1982. SAIMM Johannesburg 1984.

3. Gibowicz, S.J., Cichowicz A., Dybel T., "Seismic moment and source size of mining tremors in Upper Silesia, Poland"; ACTA Geophysica Polonica, Vol. XXV, n° 3, 1977.

4. Green R.W.E., "Design considerations for an underground seismic network"; Proc. of 1st Int. Congr. on Rockbursts and Seismicity in Mines; Johannesburg 1982. SAIMM Johannesburg 1984.

5. Hedley D.G.F., Bharti S., West D., Blake W., "Fault slip rockbursts at Falconbridge Mine"; Division Report 85-114 (OP,J), CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; sept. 1985.

6. Hedley D.G.F., "Rapport annuel 1985-1986 du projet de recherche conjoint Canada-Ontario-industrie sur les coups de toit"; Rapport spécial SP86-3F; CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; mai 1986.

7. Teledyne Geotech Ltd., "Model 54100 3-component seismometer description and performance characteristics"; Product Information; Garland, Texas, mars 1985.